



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS TERESINA CENTRAL
CURSO TECNOLOGIA EM ALIMENTOS**

GISLAYNE BIANCA TAVARES DE MORAIS

**CARACTERIZAÇÃO OXIDATIVA EM ÓLEOS DE FRITURAS DE BATATAS
COMERCIALIZADAS EM TERESINA, PIAUÍ**

**TERESINA
2017**

GISLAYNE BIANCA TAVARES DE MORAIS

CARACTERIZAÇÃO OXIDATIVA EM ÓLEOS DE FRITURAS DE BATATAS
COMERCIALIZADAS EM TERESINA, PIAUÍ

Trabalho de conclusão de curso (Monografia)
apresentado como exigência parcial para obtenção
de diploma do curso de Tecnologia em Alimentos
do Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Piauí, campus, Teresina Central.

Orientadora: Prof^a Dra. Vera Lúcia Viana do
Nascimento.

TERESINA
2017

FICHA CATALOGRÁFICA

Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente com dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M828 MORAIS, GISLAYNE BIANCA TAVARES DE
c Caracterização Oxidativa em Óleos de Frituras de Batatas Comercializadas em
Teresina, Piauí / GISLAYNE BIANCA TAVARES DE MORAIS - 2017.
41 f. : il. color.

Trabalho de conclusão de curso (Tecnologia) - Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Teresina Central, Tecnologia de Alimentos, 2017.

Orientadora : Profa Dra. Vera Lúcia Viana do Nascimento.

1. Oxidação. 2. Índices oleoquímicos. 3. Óleos de frituras. 4. Ácido 2-Tiobarbitúrico.
I.Título.

CDD 664

GISLAYNE BIANCA TAVARES DE MORAIS

**CARACTERIZAÇÃO OXIDATIVA EM ÓLEOS DE FRITURAS DE BATATAS
COMERCIALIZADAS EM TERESINA, PIAUÍ**

Monografia apresentada ao Curso de Tecnologia em Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí – IFPI, como requisito para obtenção de grau de Tecnóloga em Alimentos.

Monografia aprovada em 21 de setembro de 2017.

Banca examinadora:

Assinado no original

Orientadora: Dr.^a Vera Lúcia Viana do Nascimento
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí - IFPI

Assinado no original

Examinadora: Victória Maura Silva Bermúdez
Instituto Federal do Ceará- Campus de Fortaleza

Assinado no original

Examinadora: M.Sc. Edilene Ferreira da Silva
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí - IFPI

A Deus, aos meus pais Isabel Bianca e Valdir Soares, minha irmã Juscislayne Bianca e ao meu namorado Ismael Félix, que me apoiam em todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus que renova a minha fé e me faz acreditar que mesmo na dificuldade os meus planos irão concretizar-se e que sempre me faz vê o melhor que a vida tem a oferecer.

Agradeço a minha mãe, Isabel Bianca, e ao meu pai, Valdir Soares, que são a minha base e sempre lutaram para me proporcionar uma boa educação.

Agradeço a minha irmã Juscislayne Bianca por sempre ter o seu incentivo, ajuda e seus conselhos nos momentos mais importantes da minha vida.

Agradeço ao meu namorado, Ismael Félix, por me apoiar, me incentivar a conquistar meus objetivos.

Agradeço a professora, Dr.^a Vera Lúcia Viana do Nascimento, minha orientadora, pela especial atenção a toda a minha trajetória acadêmica, sua ajuda foi fundamental para eu chegar a essa etapa, uma grande profissional. Obrigada me ajudar à realizar e orientar nesse trabalho de pesquisa, bem como em outros já feitos, partilhando seu conhecimento e sua experiência científica e pela companhia e interesse de querer proporcionar o melhor aos seus alunos.

Agradeço aos meus amigos e colegas de sala que me apoiaram incentivaram a obter mais essa conquista em minha vida. Em especial, agradeço as amigas, Ana Paula Fontineles, Gabriella Magalhães, Raquel Brito e Quézia Lima e outras amigas que passaram pelo IFPI, Geissa Aguiar, Juliana Costa.

Agradeço a todos os professores do Curso de Tecnologia em Alimentos que fizeram parte da minha trajetória acadêmica, a todas as pessoas, funcionários, que diretamente ou indiretamente compartilharam comigo vários momentos no IFPI e contribuíram para meu desenvolvimento acadêmico.

“Nada na vida deve ser temido,
somente compreendido. Agora
é hora de compreender mais
para temer menos”

Marie Curie

RESUMO

Os alimentos com elevada composição lipídica fazem parte da dieta humana e são importantes, pois são fontes de energia e muito úteis para a indústria na produção de diversos alimentos e produtos, contudo são susceptíveis às reações oxidativas. O presente estudo partiu do objetivo de avaliar as características oxidativas dos óleos de frituras de batatas comercializadas em Teresina, Piauí, para efeito de informações de degradações e da qualidade lipídica. Além desse aspecto, esse trabalho visa determinar os parâmetros físico-químicos de Índice de Acidez (I.A.), Índice de Ácidos Graxos Livres (% AGL), Índice Peróxido (I.P.); Índice de Iodo (I. I.), aplicar o teste ácido 2-tiobarbitúrico (TBA) e comparar todos os parâmetros de avaliação oxidativa com a legislação própria para óleos vegetais, nacional e internacional. Foram coletados cinco lotes de frituras de batatas (*Solanum tuberosum*) em diferentes locais. Desta forma, Foram analisadas 96 amostras de óleos de coco e de soja de cinco estabelecimentos comerciais de diferentes pontos em Teresina, Piauí, sendo 78 destinadas para as análises físico-químicas e 18 amostras para o teste ácido 2-tiobarbitúrico (TBA). Foram realizada as análises dos parâmetros físico-químicos, segundo a A.O.C.S e as análises oxidativas com teste de TBA, pelo método AOAC, no Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Piauí, *Campus*, Teresina Central. O parâmetro de acidez, apresentou valores conformes com os parâmetros da legislação internacional para óleos de frituras. Os índices de %AGL não apresentou nenhuma desconformidade com os limites estabelecido para óleo de fritura em relação aos lotes, somente os lotes quatro e cinco que se aproximaram desses valores. Os valores de peróxidos foram maiores para o lote quatro e cinco, porém não ultrapassou os valores estabelecidos pela legislação para óleos de frituras. Os resultados do índice de iodo mostrou maior instauração nas cadeias lipídicas no lotes dois, três indicando uma possível adição de outros óleos. Dos óleos o que apresentou melhor estabilidade a processo de oxidação foi o de coco. O índice de para TBA mostrou alterações oxidativas nos lotes quatro e cinco, principalmente no lote quatro que for considerado o lote mais oxidado.

Palavras-chave: Oxidação. Óleos de frituras. Índices oleoquímicos. Ácido 2-Tiobarbitúrico.

ABSTRACT

Foods with lipid ration are part of the human diet and are important, are energy sources and very useful for an industry in the production of foods and products, however they are susceptible to oxidative reactions. The present study compares the objective of evaluation as oxidative characteristics of potato fry oils commercialized in Teresina, Piauí, for the purpose of degradation and lipid quality information. In addition, the work aims to determine the physico-chemical parameters of Acidity Value (I.A.), Free Fatty Acids Value (% AGL), Peroxide Value (I.P.); (I), apply the 2-thiobarbituric acid test (TBA) and compare all the parameters of oxidative evaluation with a proper legislation for vegetable oils, national and international. Five batches of potato frying (*Solanum tuberosum*) were collected at different locations. Thus, 96 samples of coconut and soybean oils were analyzed from five commercial establishments from different points in Teresina, Piauí, 78 for the physical and chemical analyzes and 18 samples for the 2-thiobarbituric acid (TBA) test. Analyzes of the physical-chemical parameters according to A.O.C.S and as oxidative analyzes with TBA test, using the AOAC method, without the Federal Institute of Education, Sciences and Technology of the State of Piauí, Campus, Teresina Central. The acidity parameter, presented values in accordance with the parameters of the international legislation for frying oils. The % AGL value did not show any inconsistency with the limits established for the frying oil in relation to the lots, only the lots four and five that approached atheists. The peroxide values were higher for lot four and five, but did not exceed the values established for the legislation for frying oils. The results of the iodine value show higher instability in the lipid chains in batches two, three indicating a possible addition of other oils. Of the oils that present a better stability in the oxidation process of the hollow. The value for TBA showed oxidative oxides in lots four and five, mainly no items to considered the most oxidized batch.

Keywords: Oxidation. Frying oils. Oleo Chemical indices. 2-Thiobarbituric acid.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	– Lotes analisados de óleo de coco e de soja de frituras de batata.....	24
Figura 2	– Método de determinação das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS).....	27
Figura 3	– Curva padrão de Tetrametoxipropano (TMP) para determinação de TBARS.....	28
Figura 4:	– Equipamento Espectrofotômetro- de modelo Benfer Spectrum 21)	29
Figura 5:	– Reação do ácido 2-Tiobarbitúrico em amostra de óleo de soja de fritura de batata.....	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Parâmetros físico-químicos a serem analisados no óleo de fritura.....	25
Tabela 2 – Resultados das análises parâmetros físico-químicos de óleo de fritura de batata em Teresina- Piauí.....	30
Tabela 3 – Índices físico-químicos do óleo de coco extraído a frio e óleo de soja comercial de soja com óleo de fritura de batata.....	32
Tabela 4 – Índices de TBARS (Teste do Ácido 2-Tiobarbitúrico) do óleo de soja de fritura de batata comercializadas em Teresina- PI.....	34

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CRB	Conselho Regional de Biblioteconomia
TBA	Ácido 2-tiobarbitúrico
I.A	Índice de Acidez
I.I.	Índice de Iodo
DHA	4,7,10,13,16,19- docosahexaenóico
EPA	5,8,11,14,17=eicosapentaenoico
CPT	Compostos Polares Totais
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IFPI	Instituto Federal de Educação Ciências e Tecnologia do Piauí
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
AOCS	American Oil Chemists' Society
FD	Fator de Diluição
ICP	Inclinação da Curva Padrão
SD	Desvio Padrão
ANOVA	Analysis of Variances
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
DGF	German Society for Fat
O. C	Óleo de Coco
O. S	Óleo de Soja
O.F.	Óleo de Fritura
UV	Luz Ultravioleta

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
°C	Escala de grau Celsius
C18:2	Ácido linoléico
C18:3	Ácido linolênico
Fe	Ferro
Cu	Cobre
Cr	Cromo
H	Hidrogênio
nº	Número
mgNaOH/g	Miligramas de Hidróxido de sódio por gramas
mg of oleic acid/100 mg	Miligrama de ácido oleico por 100 miligramas
meq O ₂ /kg	milliequivalents de oxigenio por quilogramas
Mg MDA	Miligrama de malonaldeído
Mg MDA/Kg	Miligrama de malonaldeído por quilogramas
KOH	Hidróxido de potássio
g	Gramas
PM	Peso molecular
p/v	Partes por volume
g/mol	Gramas por mol
m	Massa da amostra em gramas
mL	Mililitros
nm	Massa o soluto pela massa do solvente

mgNaOH/g	Miligramma hidróxido de sódio por grama
%AGL	Percentual de AGL
g I2/100g	Gramas de iodo por 100 gramas
KOH/g	Hidróxido de potássio por grama

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS.....	17
2.1 OBJETIVO GERAL	17
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
3.1 LIPÍDIOS: DEFINIÇÃO, FONTES E COMPOSIÇÃO.....	18
3.2 REAÇÕES DE OXIDAÇÃO LIPÍDICAS	19
3.3 ÓLEOS DE FRITURAS E ESTRESSE TÉRMICO	20
3.4 IMPORTÂNCIA DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS.....	21
3.5 BATATA (<i>SOLANUM TUBEROSUM L.</i>)	22
4 METODOLOGIA	24
4.1 OBTENÇÃO DA AMOSTRA DE FRITURA DE BATATA.....	24
4.2 DELIMITAÇÃO EXPERIMENTAL	25
4.3 ANÁLISES DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS.....	25
4.3.1 Índice De Acidez	25
4.3.2 Índice De Ácidos Graxos Livres (AGL).....	26
4.3.3 Índice De Peróxido (IP)	26
4.3.4 Índice De Iodo (II)	26
4.3.5 Índice De TBA (Ácido 2-tiobarbitúrico).....	26
4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA	29
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
5.1 CARACTERIZAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	30
5.2 PARÂMETROS EM ÓLEOS NÃO SUBMETIDO À FRITURA COM ÓLEOS DE FRITURA	32
5.3 ÍNDICES DE TBARS (TESTE DO ÁCIDO 2-TIO-BARBITÚRICO) DOS ÓLEOS DE SOJA	33
6 CONCLUSÃO	36
REFERÊNCIAS.....	37

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um grande produtor de tubérculos tanto, *in natura*, quanto de forma processada, e entre esses alimentos, encontra-se a batata que é comercializada, principalmente, nas formas: pré-frita congelada e batata palito (PÁDUA et al., 2007). A expansão do consumo deve-se a facilidade de preparo do alimento (HAASE, 2008). Além disso, é um alimento produzido em grande escala, perdendo espaço para trigo, arroz e milho. Este vegetal possui fonte de carboidrato (15-20%), sais minerais (fósforo) e vitaminas (complexo B) (FILGUEIRA, 2003; GOMES, 2005).

No Brasil, o consumo de óleos vegetais tem aumentado nos últimos anos, bem como, de alimentos de origem animal (carnes, embutidos, leite, derivados), refrigerantes e biscoitos. (LEVY-COSTA; SICHIERI; MONTEIRO, 2005; USDA, 2016). Apesar desse aumento, existe uma mudança no perfil nutricional brasileiro, que é proporcional ao aumento das doenças e agravos não-transmissíveis, em virtude da alimentação inadequada, com isso, faz-se necessário atentar à oferta de óleos e gorduras disponibilizadas na alimentação da população (CALIXTO, et al, 2013).

Mesmo apresentando vantagens no preparo do alimento, o processo de fritura provoca diversas reações complexas e que formam substâncias que modificam a qualidade, tanto as qualidades relacionadas com o aspecto nutritivo do alimento, como de forma funcional (REDA; CARNEIRO, 2007). Os óleos vegetais possuem de uma a quatro insaturações (ligações duplas) na cadeia carbônica, sendo líquidos à temperatura ambiente; as gorduras são sólidas à temperatura ambiente, devido a sua constituição em ácidos graxos saturados. Assim, as características das insaturações tornam as moléculas lipídicas mais susceptíveis às reações oxidativas (MORETO, 2002).

A fritura de óleos e gorduras é uma das mais antigas e populares preparações alimentícias. Os alimentos fritos têm sabor desejável, cor e textura crocante, que fazem com que os alimentos fritos de alto teor de gordura sejam muito populares para os consumidores. Fritar é um processo de imersão de alimentos em óleo quente com um contato entre o óleo, o ar e os alimentos a uma temperatura elevada de 150°C a 190°C. A transferência simultânea de calor e massa de óleo, alimentos e ar durante a fritura de gusa produz a qualidade desejável e única de alimentos fritos (MUDAWI et al., 2014).

Os óleos vegetais são constituídos principalmente de triacilgliceróis (> 95 %) e

pequenas quantidades de mono e diacilgliceróis (LEHNINGER; NIELSON; COX, 2014). Estes óleos, representam um dos principais produtos extraídos de plantas da atualidade e cerca de dois terços são usados em produtos alimentícios fazendo parte da dieta humana. A utilização de alimentos com elevada composição lipídica é importante pois esses compostos são fontes de energia e muito úteis para a indústria na produção de diversos alimentos e produtos (REDA; CARNEIRO, 2007).

O óleo de fritura é um processo térmico que age como forma de transferência de calor e melhora aspectos de textura e o sabor dos alimentos fritos. A fritura de óleos e gorduras produz tanto compostos de sabor desejável como aqueles que levam à um sabor indesejável. Neste último caso, ocorre a alteração estabilidade do sabor e a qualidade do óleo por reações hidrólise, oxidação e polimerização (MUDAWI et al., 2014).

Os lipídios podem ser oxidados por diferentes caminhos, rancidez hidrolítica, rancidez enzimática e autooxidação (RAMALHO E JORGE, 2006). Este último processo de rancidez oxidativa é devido ao seu maior grau de insaturação, caracterizado pelo alto teor de ácido linoléico (C18:2) e pelo teor relativamente elevado de ácido linolênico (C18:3) (DAMASCENO, et al., 2013).

A oxidação é proveniente de sucessivas reações radicalares que ocorrem nas insaturações dos ésteres das cadeias graxas, em contato com o oxigênio atmosférico. É acelerada pela presença de íons metálicos, luz, temperatura, radiação ionizante e outros agentes oxidantes, de modo a formar peróxidos e, conseqüentemente, outros produtos oxidativos (PULLEN e KHIZER, 2012).

Desta forma, o alimento ao passar pelo processo de fritura é exposto a fatores que causam alterações de natureza química, física e sensorial no mesmo que será oferecido, originando produtos de degradação térmica, hidrolítica e oxidativa. Com isso, o estudo dos compostos liberados por esse procedimento é importante para o consumidor e para a indústria alimentícia, para que ocorra o controle das alterações oxidativas que assegure as qualidade dos alimentos fritos (PRIETO et al., 2016)

Desta maneira, torna-se importante se atentar a qualidade dos óleos utilizados com processo térmicos em alimentos destinado à alimentação, pois muitas vezes não há esse cuidado e se o controle destes fatores não for realizado de maneira adequada podem trazer diversos problemas a saúde da população. Além disso um produto que apresente rancificação tem um grande impacto econômico na indústria de alimentos porque leva a sabores indesejáveis e odores. Esses aspectos

podem diminuir a qualidade nutricional dos alimentos e produzir produtos tóxicos (OSAWAI, 2008).

O monitoramento da oxidação lipídica pode ser realizado por determinações analíticas, tais como são de importância principalmente os índices de ácidos graxos livres (%AGL), o índice de peróxido (I.P.), índice de p-anisidina e o parâmetro de TBA (OSAWA, 2008).

Discorre-se, ainda, que a motivação de se trabalhar com a temática, vem da necessidade de se conhecer mais sobre a bioquímica de óleos e gorduras animais vegetais aos estudos de óleos. Desta maneira, essa pesquisa é uma forma de contribuir para o campo da Tecnologia de Alimentos, visto que, apesar de existirem trabalhos nesse ramo da ciência dos alimentos, a temática relacionada as alterações de óleos vegetais submetidos ao processo de frituras de alimentos, ainda é pouco explorada no meio científico brasileiro.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar as características oxidativas dos óleos de frituras de batatas comercializadas em Teresina, Piauí para efeito de informações de degradações e da qualidade lipídica.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar os índices físico-químicos: Índice de acidez (IA), Índice de Ácidos Graxos Livres (% AGL), Índice peróxido (IP) e índice de iodo (II).
- Aplicar o teste com ácido 2-tiobarbitúrico (TBA) nas amostras de óleo de frituras de batatas para a avaliação da qualidade do óleo de fritura.
- Comparar todos os parâmetros de avaliação oxidativa e físico-química com a legislação própria para óleos vegetais.
- Comparar os resultados das características do óleo de soja e de coco de fritura com os respectivos óleos sem passar por fritura e outros dados da literatura relacionada ao tema.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 LIPÍDIOS: DEFINIÇÃO, FONTES E COMPOSIÇÃO

Os lipídios, comumente conhecidos por óleos e gorduras, são substâncias que têm caráter de insolubilidade em solução aquosa, isto é, apresentam-se com a característica de serem hidrofóbica nestas condições. São compostos lipídicos formados por produto de condensação de glicerol e ácido graxos chamados de triglicerídeos ou triacilglicerol (ALMEIDA, 2016).

Óleos e gorduras apresentam formas físicas diferentes. A gordura possui uma forma mais sólidas, enquanto o óleo apresenta-se na forma líquida em temperatura ambiente. Já o termo azeite, emprega-se quando se refere a óleo extraído de frutos, por exemplo, azeite de oliva e azeite de dendê. Os óleos de origem vegetais são bastante consumidos, entre este mais utilizados estão: óleo de soja, milho e girassol (TAVARES, 2014).

Os lipídios fazem parte do grupo de biomolécula com as proteínas, ácidos nucleicos e carboidratos sendo componentes essenciais das membranas biológicas. Esses compostos são encontrados nos tecidos e nas membranas de células de gorduras (JORGE, 2009).

Quanto à estrutura lipídica, os ácidos graxos ou esterificados nos lipídios dos alimentos são monocarboxílicos com par de átomos de carbono apresentados em uma cadeia linear. Com relação a presença de ligações, os ácidos chamados de saturados, estão ligados por ligações simples e insaturados por presença de ligações duplas na cadeia lipídica. Assim os ácidos graxos são denominados de mono- di- tri e poli-insaturados (TAVARES, 2014). Os insaturados podem ter configurações cis e trans de acordo com a localização do grupo alquila (ARAÚJO, 2008).

Os ácidos saturados são mais resistentes ao processo de degradação oxidativa devido à ausência de ligações dupla, principais destes ácidos saturados encontrados em óleo e gorduras são: butírico, capríco, caprílico, cáprico, láurico, místico, palmítico, esteárico, araquídico, behênico, lignocérico e cerótico e os monoinsaturados ácidos classificados como monoinsaturados são: palmitoléico, oléico, elaídico e erucico, sendo que principais ácidos graxos poli-insaturados são: linoleico, linolênico, araquidônico, EPA (5,8,11,14,17-eicosapentaenoico) e DHA

(4,7,10,13,16,19- docosahexaenóico) (JORGE, 2009).

Óleo e gorduras são importantes constituintes dos composto lipídicos e o triacilglicerol são tipos de lipídios comumente presente em diversos alimentos. Esse componente possui facilidade de alteração química nas etapas de processamento, armazenamento, podendo produzir substancias que podem alterar o *flavor* dos alimentos comercializados gerando muitas alterações (ALMEIDA, 2016).

3.2 REAÇÕES DE OXIDAÇÃO LIPÍDICAS

Os lipídios podem apresentar alterações químicas de oxidação como rancidez hidrolítica, a rancidez oxidativa e a reversão, durante o armazenamento, processamento, utilização de transferência de calor e de massa. Estas transformações influenciam na qualidade organoléptica dos lipídios, prejudicam a aceitação pelo consumidor e causam efeitos tóxicos a saúde através da ingestão continua de alimentos com ranço e revertidos (REDA; CARNEIRO, 2007). No processo de fritura a reações de alterações que ocorrem são: hidrólise e auto-oxidação. A rancidez hidrolítica é acelerada com a presença de fatores relacionado à ação do calor e umidade, que forma ácidos graxos livres, monoacilglicerol e diacilglicerol (FREIRE; MANCINI-FILHO; FERREIRA, 2013).

As reações de oxidação no óleo de fritura dependem de fatores como o reabastecimento de óleo fresco, condições de fritura, qualidade original de óleo de fritura, materiais alimentares, tipo de fritadeira, presença de antioxidantes e concentração de oxigênio (MUDAWI et al., 2014).

O processo simultâneo de transferência de calor e massa está presente na utilização do óleo em fritura de alimentos. Nessas condições, o calor presente é transferido do óleo para o alimento constituído de água que por sua vez é absorvida pelo óleo. Isto faz com que ocorre alterações nas propriedades térmicas e físico-químicas do óleo e do alimento (REDA; CARNEIRO, 2007).

A reação de oxidação ocorre pela ação do oxigênio atmosférico, pelo ozônio (menos comum), peróxido, metais e outros agentes oxidantes. Nesta reação ocorre a remoção de elétrons de um átomo ou grupo de átomos, cada vez que esse fenômeno ocorre há uma redução e a formação de compostos estáveis e radicais livres necessários para a síntese de peróxido (ARAÚJO, 2008).

Com isso, para que esta reação ocorra necessita de um catalisador como:

energia luminosa (como ou sem pigmentos fotossensíveis) ou metais (Fe, Cu, Cr). A primeira teoria a explicar este processo de rancificação oxidativa é a teoria dos radicais livres. Na fase de iniciação, o carbono que possui dupla ligação do grupo ascila insaturado, perde átomos de hidrogênio (H) levando a formação de radical livre. Esse último por sua vez, liga-se ao oxigênio atmosférico formando peróxido. Devido a característica de ressonância estabilizadoras que aumenta o tempo de vida destes radicais há uma formação continuada de vários peróxidos que ao participar de reações de decomposição formam novos radicais livres, na fase de propagação. Na fase terminal é quando há uma reação entre os radicais livres formados e os peróxidos e hidroperóxidos começam a se romperem e formar compostos secundário (aldeídos, cetonas) (MORETTO, 2008).

No caso dos óleos vegetais o perfil dos ácidos graxos influencia de forma direta na oxidação lipídica. Os ácidos com grande número de insaturações tendem a ser mais afetados quando as reações oxidativas. Quanto as insaturações o óleo de canola, predomina o ácido graxo, oleico, monoinsaturado (61%), que o óleo de milho (27,5). O óleo de canola por sua vez possui 27,9% de ácidos graxos poli-insaturados com 18,7% de ácido linoleico e 9,2% de ácido linolênico. O óleo de milho possui 57,9% com 57% de ácido linoleico e 0,9% de ácido linolênico (TOLENTINO et al., 2014).

3.3 ÓLEOS DE FRITURAS E ESTRESSE TÉRMICO

De acordo com a escala de produção de alimentos fritos existem várias formas de frituras: a submersão, realizada por meio de equipamentos industriais e se caracteriza por ser um método rápido, a superficial e transporte de diferentes temperaturas como é o caso das fritadeiras contínuas industriais (OSAWA; GONÇALVES; MENDES, 2010).

O aquecimento do óleos e gorduras promove uma rapidez no processo de oxidação através de reações de oxipolimerização e decomposição termo-oxidativa (REDA; CARNEIRO, 2007).

O método de fritura por imersão de óleos é bastante utilizado devido a praticidade de preparo do alimento. A técnica consiste em uso de altas temperaturas e uma transferência de calor mais rápida. A rapidez do resultado do processo irá depender da temperatura utilizada e do tipo de alimento. Assim, o contato térmico do

óleo com o alimento permite maior eficiência do método do que o cozimento (NGADI; LI; OLIKA, 2007).

No procedimento de fritura por imersão do alimento, existem dois tipos para que se possa realizá-la: a fritura contínua, utilizada no mercado industrial de snack extrusados, massas fritas e batata frita; e a descontínua utilizada pelo mercado institucional abrangendo redes *fast food*, restaurantes, lanchonetes, cantinas escolares e pastelarias (CAMILO et al., 2010).

As alterações dos óleos e gorduras classificam-se: 1) Auto-oxidação, encadeada por temperaturas abaixo de 100°C; 2) Polimerização térmica, ocorre em temperaturas entre 200 e 300°C (sem oxigênio); 3) Oxidação térmica, também chamada de oxipolimerização, promovida pela presença de oxigênio e altas temperatura; 4) Modificações físicas, que modifica as propriedades físicas; 5) Modificações nutricionais, que influencia os aspectos nutritivos dos óleos e 6) Modificações químicas que engloba: hidrólise dos triacilgliceróis, oxidação e polimerização (REDA; CARNEIRO, 2007). Durante a fritura, os tocoferóis, os aminoácidos essenciais e os ácidos gordurosos nos alimentos são degradados (MUDAWI et al., 2014).

Não existe uma forma de estabelecer o descarte de óleo de fritura. Cada alimento que são levados ao processo de fritura apresentam condições diferenciadas como: diferentes tipos de óleos, maneiras de operação diferente, equipamentos (fritadeiras) diferentes, que irão determinar a velocidade de degradação do óleo. Assim, uma situação que seria aplicável a um procedimento de fritura não se torna aplicável a outro (CELLA et al., 2002).

3.4 IMPORTÂNCIA DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Diversos métodos analíticos vêm sendo utilizado para medir a degradação lipídica de alimentos entre estes testes, encontram-se parâmetros como: índice ácidos graxos livres, índice de peróxidos, índice de iodo, cor, ponto de fumaça, viscosidade, dienos conjugados, entre outros (CORSINI; JORGE, 2006).

Existem diversos países que apresentam legislações a respeito do tempo de uso e descarte do óleo de fritura. No caso do Brasil, não há leis que determinam limites para a alteração destes óleos de frituras para que possam ser descartados e não oferecer prejuízos à saúde do consumidor. Existe um informe técnico que no 11,

de 5 de outubro de 2004, que estabelece o valor de ácidos graxos livres para que não seja superior a 0,9%; o teor de CPT não deve ser maior que 25,0% e que os valores de ácido linolênico, não ultrapassem o limite de 2,0%. Além disso, esse informe estabelece algumas recomendações de Boas Práticas de Fabricação, para alimentos fritos (BRASIL, 2004).

Além do Informe Técnico há uma Resolução Diretiva Colegiada RDC nº 216 define que a temperatura de óleo de fritura não deve ultrapassar 180°C e a RDC N°. 270 que regulamenta os padrões de identidade e as características mínimas de qualidade de óleos vegetais, gorduras vegetais e creme vegetal (BRASIL, 2004; BRASIL, 2005).

3.5 BATATA (*SOLANUM TUBEROSUM* L.)

O carboidrato é a mais importante fonte energética da dieta humana, podendo ser encontrados em abundância nos tubérculos, como a batata (*Solanum tuberosum* L.), fonte de amido bastante consumida mundialmente (PEREIRA, LUZ e MOURA, 2005). Seus grânulos são formados por moléculas de amilose e amilopectina, que estão organizadas internamente garantindo propriedades como semi-cristalinidade do tipo B, conferindo uma maior resistência à digestão enzimática (LEE et al., 2011). A batata inglesa de espécie, *Solanum tuberosum* L., é um vegetal de origem sul-americana. Sabe-se que essa matéria-prima é originada da Cordilheira dos Andes na América do Sul e apresenta maior número de variedades selvagens em países sul-americanos (GOMES, 2005).

A batata (*Solanum tuberosum* L.) é a terceira cultura alimentar mais importante do planeta, e a primeira commodity não grão. No mundo, estima-se que mais de um bilhão de pessoas consomem batata diariamente. A produção dessa olerácea anual supera um valor de 330 milhões de toneladas em uma área de 18 milhões de hectares. A grande parte da produção brasileira é para o *in natura*, sendo apenas 10% destinados ao processamento industrial, nas formas de pré-frita congelada, chips e batata palha (FERNANDES et al., 2013). A referida produção de batata atingiu um de seus mais altos níveis no ano de 2014, a partir de 3.569.750 toneladas de batata (IBGE, 2014).

A batata possui grande destaque em âmbito mundial. É um alimento produzido em grande escala, perdendo espaço para trigo, arroz e milho. Este vegetal

possui fonte de carboidrato (15-20%), sais minerais (fósforo) e vitaminas (complexo B) (FILGUEIRA, 2003; GOMES, 2005).

O Brasil é um grande produtor de tubérculos tanto, *in natura*, quanto de forma processada, e entre esses alimentos encontra-se a batata que é comercializada, principalmente, nas formas: pré-frita congelada e batata palito (PÁDUA *et al.*, 2007). A expansão do consumo deve-se a facilidade de preparo do alimento (HAASE, 2008).

Em referência a preparação de batatas, menciona-se que devido a sua praticidade e suas características sensoriais, há uma preferência por seu consumo na forma de fritura. O preparo da batata frita tem significativa contribuição energética devido ao acrescentamento da gordura, mediante a transferência de calor e massa, havendo uma rápida absorção do óleo e desidratação do tubérculo (SILVA; CERQUEIRA; SILVA, 2003).

A fritura da batata envolve dois processos que englobam reações antes e depois da preparação desse tubérculo. Durante o processo de fritura, a umidade inicial é perdida em forma de vapor, em seguida há um aumento na pressão interior do alimento que impede que a gordura seja absorvida. É durante essa elevação de temperatura que ocorrerão várias reações físico-químicas, entre elas a retrogradação do amido e a reação de Maillard (LUVIELMO *et al.*, 2015).

Após a fritura, finaliza-se a saída do vapor, o gradiente de pressão cessa permitindo que a gordura sob a superfície penetre no alimento, proporcionando inúmeros efeitos nas características sensoriais da batata, como o desenvolvimento da cor e a formação da crosta, originando um produto com cobertura apreciada (MELLENA, 2003).

4 METODOLOGIA

4.1 OBTENÇÃO DA AMOSTRA DE FRITURA DE BATATA

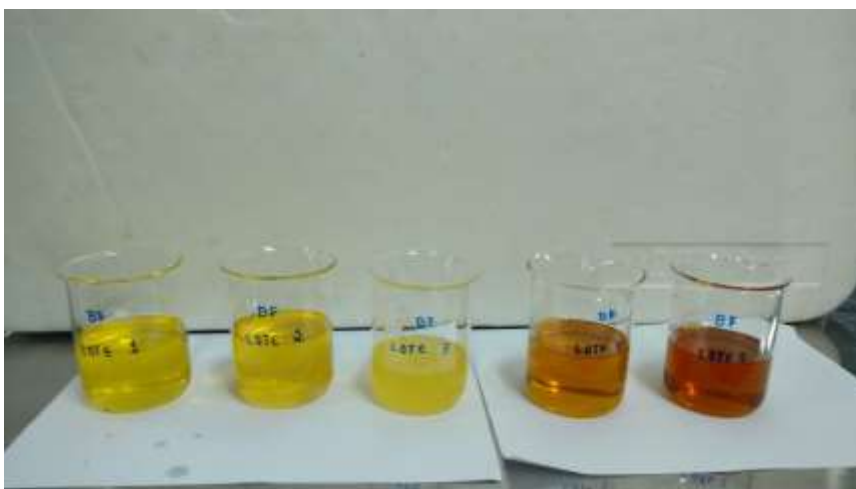
No total, foram coletados cinco lotes de óleos de frituras de batata (*Solanum tuberosum* L.), de cinco estabelecimentos comerciais em Teresina, Piauí, desta forma, em cada estabelecimento foi coletado um lote.

Os materiais foram coletados por meio de uso de luvas, concha e funil (previamente higienizados) e acondicionados em recipientes escuros e devidamente isolado afim de evitar a interferência de fatores (luz, umidade e oxigênio) que possam comprometer a característica do óleo.

Os materiais foram transportados em caixa térmica, até o laboratório de Bromatologia do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Piauí, Campus, Teresina Central, e armazenados em uma temperatura de -5 °C, em seguida, foram realizadas as análises dos parâmetros em triplicata, segundo os parâmetros oxidativos.

As análises foram comparadas com pesquisas referentes a óleos de frituras, bem como, ao óleo de soja e coco bruto para caracterizar os parâmetros físico-químicos de acidez e peróxidos e compara-los com os mesmos valores obtidos para óleo de fritura. Os cinco lotes amostras analisadas estão representadas na figura 1.

Figura 1: Lotes analisados de óleo de coco e de soja de frituras de batata.



Fonte: Autor

4.2 DELIMITAÇÃO EXPERIMENTAL

Foi realizado com delineamento inteiramente casualizado, onde as amostras serão analisadas em triplicatas. Serão 96 amostras de frituras de óleo de batatas, sendo 5 (cinco) tratamentos, 78 amostras para análises físico-químicas mais 18 para as análises de avaliação oxidativa de TBARs.

4.3 ANÁLISES DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Os óleos foram caracterizados por meio de parâmetros físico-químicos, conforme o *Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society* (AOCS, 2004). Foram verificados os Índices de Acidez (IA), Índice de Ácidos Graxos Livres (%), Índice de Peróxido (IP), Ácido 2-Tiobarbitúrico (TBA) e índice de Iodo (II) conforme é demonstrado na tabela 1. Os valores para IA, AGL, IP e II, que foram comparados com a RDC nº. 270 de 22 de setembro de 2005; Resolução RDC nº 216, de 15 de setembro de 2004 que dispõe sobre Regulamento Técnico de Boas Práticas para Serviços de Alimentação e Informe Técnico nº 11, de 5 de outubro de 2004 que se trata de Óleos e Gorduras Utilizados em Frituras.

Tabela 1 – Parâmetros físico-químicos a serem analisados no óleo de fritura.

PARÂMETROS	UNIDADE	MÉTODO
Índice de Acidez	mgNaOH/g	A.O.C.S cd 1c – 85
% Ácidos Graxos livres	mg of oleic acid/100 mg	A.O.C.S Ca 5a-406
Índice de Peróxido	meq O ₂ /kg	A.O.C.S. Cd 8-53
Ácido 2-tiobarbitúrico (TBA)	mg MDA/Kg	Handbook of Food Analytical Chemistry (2005) /AOAC
Índice de Iodo		

Fonte: Nascimento (2015)

4.3.1 Índice De Acidez

A determinação da acidez pode fornecer um dado importante na avaliação do estado de conservação do óleo. O índice de acidez pode ser expresso em de

índice de acidez por cento ou em g do componente ácido principal. O Índice de Acidez é definido como o número de mg de hidróxido de potássio (KOH) necessário para neutralizar um grama da amostra. O método é aplicável à óleos brutos e refinados, vegetais e animais, gorduras animais (método AOCS cd 1c – 85).

4.3.2 Índice De Ácidos Graxos Livres (AGL)

A presença de ácidos graxos livres é dada pela porcentagem (em peso) de ácidos graxos livres, em relação a um ácido graxo específico, geralmente o ácido oleico (PM = 282 g) /100 mg ou outro ácido graxo predominante na amostra (AOCS Ca 5a-406). Neste trabalho o ácido graxo utilizado foi o ácido oléico para o óleo de soja e láurico para óleo de coco,

4.3.3 Índice De Peróxido (IP)

O índice de peróxido (IP) é um método clássico e sensível na determinação de hidroperóxidos, produtos primários da oxidação. A presença destes compostos é um indício de que a deterioração do sabor e odor está próxima de acontecer (MOETTO, et al., 2008).

4.3.4 Índice De Iodo (II)

Índice de Iodo (II) pelo método de Wijs Índice de iodo (I.I.) é a medida da insaturação química de uma gordura e os resultados são dados como o número de gramas de iodo absorvido por 100 g de amostra de gordura. Pode ser usado para estimar a relação de saturação e insaturação (S.I.). As gorduras insaturadas têm II maior do que as gorduras saturadas. É expresso em g I₂/100g, método (AOCS 1b-87).

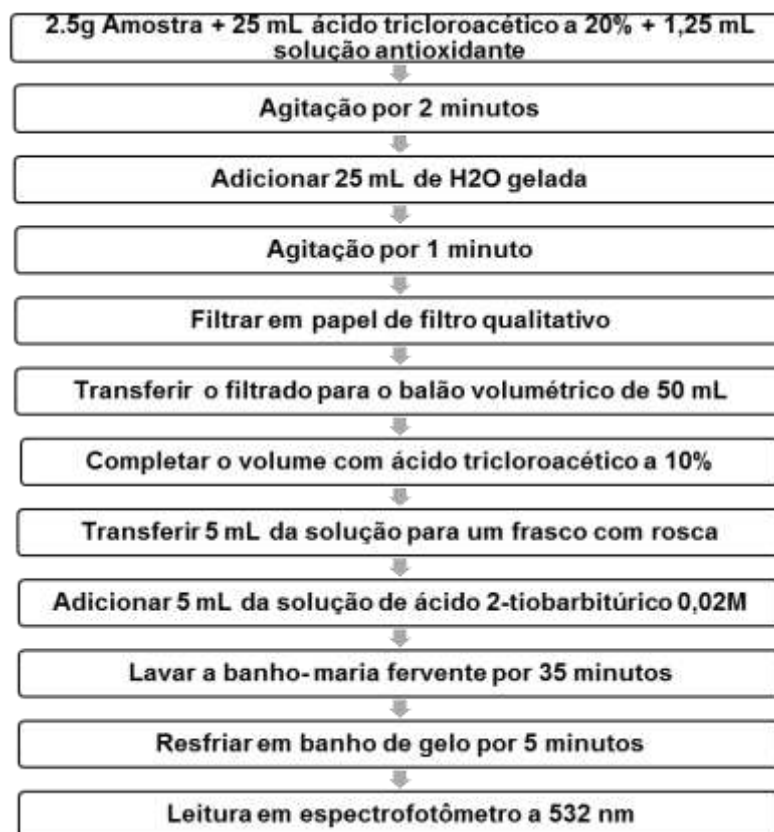
4.3.5 Índice De TBA (Ácido 2-tiobarbitúrico)

Este teste quantifica a presença de malonaldeído (MDA), que se produz devido à decomposição dos hidroperóxidos de ácidos graxos poli-insaturados, durante a oxidação lipídica.

O valor de TBARS obtido por meio do teste ocorre através de substâncias reativas ao com o ácido 2-tiobarbitúrico. O antioxidante 2-Tiobarbitúrico foi gentilmente cedido pela professora Dr^a Vera Lúcia Viana do Nascimento e foi utilizado em óleo de frituras de batatas com adições de 0,1 e 0,5% de concentração para 100 g de óleo.

Foi utilizado o método descrito no Handbook of food analytical chemistry (2005), que envolve 2,5 g em ácido tricloroacético a 10% (p/v), filtração com papel de filtro qualitativo, reação com ácido tiobarbitúrico e leitura em espectrofotômetro a 532 nm, conforme fluxograma da Figura 2.

Figura 2: Método de determinação das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS).



Fonte: Analytical Chemistry (2005)

O cálculo utilizado para determinação da quantidade de TBARS na amostra está representado abaixo:

$$\text{TBARS} = \frac{[(1/\text{ICP}) \times \text{Mol MA} \times \text{FD} \times 106 \times (100/\text{recuperação \%})] \times A_{532}}{m}$$

Onde:

ICP= Inclinação da Curva Padrão

Mol MA (Malonaldeído) = 72,03 g/mol

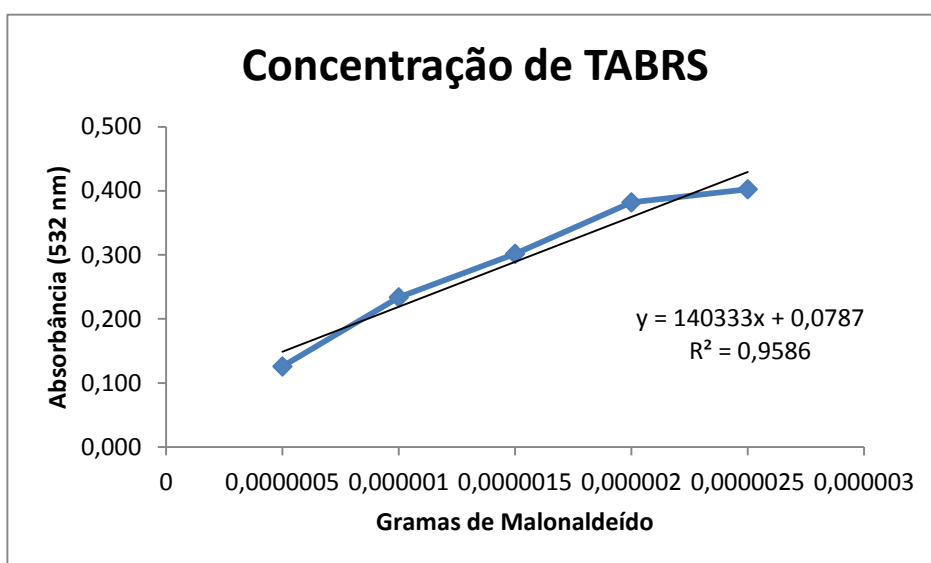
106= fator conversão para mg de MA/kg de amostra

FD= Fator de Diluição

A532 = Valor obtido da leitura da absorbância em espectrofotômetro a 532 nm

m = Massa da amostra em gramas

Figura 3: Curva padrão de Tetrametoxipropano (TMP) para determinação de TBARS.



Fonte:Autor

Foi realizado o ensaio de recuperação para promover a validação do método analítico utilizado, que consistiu em adicionar em porções de 2,5 g de amostra três alíquotas conhecidas (0,75 mL, 1,50 mL e 2,25 mL) do padrão utilizado (TMP) refazendo todo o método de determinação de TBARS descrito anteriormente e finalizando com a leitura em espectrofotômetro (Benfer Spectrum 21- figura 3) a 532 nm.

O cálculo utilizado para determinação da recuperação do método está representado abaixo:

$$\text{Rec\%} = \frac{[\text{Absorbância da amostra + TMP}] - [\text{Absorbância amostra}] \times 100}{[\text{Absorbância TMP}]}$$

Figura 4: Equipamento Espectrofotômetro de modelo Benfer Spectrum 21.



Fonte: Autor

4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados dos índices oleoquímicos foram tratados por meio de média $\pm$ SD. A avaliação estatística foi determinada por meio da análise de variância (ANOVA) e comparação pelo Teste de Tukey. A significância estatística foi estabelecida em 5%. Os programas utilizados para realizar essa etapa foi o Microsoft Excel e Minitab 17 Statistical Software (SILVA, 2016).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CARACTERIZAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Os resultados referentes aos parâmetros, analisados de acidez (IA), ácido graxo livres (%AGL), índice de peróxido (IP) e índice de iodo (II), estão encontrados na tabela 2.

Tabela 2- Resultados das análises parâmetros físico-químicos de óleo de fritura de batata em Teresina-Piauí.

Lotes	Índice de Acidez (mgNaOH/g)	Ácidos Graxos Livres (%AGL)	Índice de Peróxido (mEq/kg)	Índice de Iodo (g I ₂ /100 g)
1*	0,703±0,152a	0,251±0,054c	2,651±1,153e	33,017±3,005h
2*	0,790±0,001a	0,282±0c	5,965±0,012f	182,037±1,631i
3*	0,615±0,153a	0,219±0,055c	2,651±1,147e	183,221±1,015i
4*	1,203±0,147b	0,558±0,075d	11,295±2,302g	128,908±0,994j
5*	1,112±0,148b	0,558±0,074d	7,306±1,154f	129,528±0,635j

* Os valores expressos correspondem à média ± desvio padrão, seguidas pelas letra minúsculas diferem na coluna ($p > 0.05$) pelo Teste Tukey.

* Os lotes 1, 2 e 3 foram obtidos de óleos de coco, enquanto os lotes 4 e 5 foi utilizado o óleo de soja. Fonte: Autora

A tabela de acidez apresentam valores que não diferem significativamente entre si, devido à natureza dos óleos analisados, a exemplo dos lotes 1, 2 e 3 referentes aos óleos de coco e os lotes 4 e 5 referentes a óleo de soja. No caso dos lotes 4 e 5 apresentam significativamente valores maiores. Todos os valores encontram-se inferiores ao índice máximo permitido pela legislação de óleos em frituras sendo que o valor máximo estabelecido é de 2,0 mgNaOH/g (BRASIL, 2005; FIRESTONE, 1993).

Estudo com óleo de nozes (*Juglans regia*. L), poli-insaturado, submetido à fritura apresentou um alto teor de acidez (1,01 mg KOH/g) (POPOVICI; ALEXE; DESEATNICOVA, 2012). Costa et al. (2015) encontrou valores variando entre 0,0157- 0,0471 em óleo de coco babaçu bruto, valor bem menor que o óleo submetido a fritura. Em similar estudo, Tavares (2014) encontrou valores maiores que esse estudo para óleo de fritas (3,092 - 4,502).

Com relação ao parâmetro de ácidos graxos livres, todos os lotes da mesma

natureza do óleo apresentam semelhança estatística entre si. Todos os resultados encontram-se dentro do padrão de qualidade para esse parâmetro, que segundo as legislações as amostras obtidas pelo processo de fritura devem ser descartadas à um percentual de 1% de AGL (PRIETO et al., 2016). O óleo submetido a fritura deverá ser descartado se apresentar uma teor de %AGL acima de 2,5% (FIRESTONE- AOCS, 1993).

Já em pesquisas que utilizaram-se óleos de frituras, Prieto (2016), obteve resultados que variaram de 2,0- 3,5 de %AGL em análise de óleo de fritura. Machado et al, encontrou valores variando de 0,4- 42,4 (m/m) (meq O₂ /kg).

Com relação ao índice de peróxido, os resultados apresentaram valores bem abaixo do requerido pelas legislações de óleos vegetais consultadas, com exceção ao lote 4 que foi significativamente maior (11,295 mEq/kg) e perto do limite preconizado pela legislação de óleo vegetal 10 mEq/kg e pela legislação internacional para óleos de frituras de 15 mEq/kg (BRASIL, 2005; CODEX ALIMENTARIUS, 2015; FIRESTONE, 1993), Nenhuma amostras desse presente trabalho apresentaram resultados acima deste limite.

Popovici et al., (2012) encontrou valores entre 5,81- 26,55 mmol/kg em óleo de fritura de noqueira-comum (*Juglans regia* L). No processo de oxidação além do peróxido, faz-se necessário a utilização de outros parâmetro para a avaliação oxidativa (GONÇALVES, 2012). Faz-se necessário analisar esse composto nos primeiros tempos oxidativos, pois após as 20 horas de utilização da fritura esse índice declina, portanto somente um baixo nível de peróxido não significa um óleo isento de oxidação e boa qualidade (SANIBAL; MANCINI FILHO (2002); GONÇALVES, (2012). Mudawi, (2014) frisa que a adição de antioxidantes em óleo é essencial pois diminuem a oxidação do óleo de fritura.

Na tabela 2, os resultados para iodo foram significativamente maiores para os lotes 2, 3, 4, e 5, sendo os resultados dos lotes de óleo de coco semelhantes, com exceção do lote 1 Dos lotes analisados, os lotes 1, 4, e 5, apresentam valores que obedecem os valores permitidos pela ANVISA de 120-143 (g I₂/100 g) (ANVISA, 2005). Regulamentações que estipulam valores de descarte desses óleos leva em consideração a diminuição do índice de iodo de 16 g I₂ /100 g em relação ao índice de iodo do óleo fresco.

Os lotes 2 e 3 de coco apresentam alterações quanto ao índice devido o maior valor encontrado, porém isso pode indicar a presença de mais óleos na fritura.

Rios et al. (2013) obteve teor de iodo de gordura de palma comercial de 67,42, mostrando menor oxidação da gordura, óleo semelhante a composição do óleo de coco (CURVELHO, 2010).

Segundo Carvalho (2015), a composição química do óleo influencia nos valores de iodo. A oxidação consiste em reações químicas que diminuem a quantidade de insaturados ao eliminar o hidrogênio alílico ou bis- alílico, portanto amostras oxidadas apresentam menores índices de iodo. O óleo de soja que é conhecido por conter significantes quantidades de ácidos gordos insaturados vai apresentar mais oxidação que o óleo de coco que é mais saturado (JOKIĆ, 2013).

Esses valores podem, também, mostrar uma relação com a composição do óleo, teor de água e substâncias degradadas, pois a fritura está predisposta a alterações causada por reações térmicas, e hidrolíticas, devido à exposição à água (REDA; CARNEIRO, 2007).

5.2 PARÂMETROS EM ÓLEOS NÃO SUBMETIDO À FRITURA COM ÓLEOS DE FRITURA

A comparação dos índices físico-químicos para acidez e peróxido foi realizada em óleo de coco bruto (extração a frio) com óleo de coco fritura de batata e bem como, em óleo bruto de soja submetido em processo de frituras de batatas está expressada através a tabela 3.

Tabela 3 - Índices físico-químicos do óleo de coco bruto extraído a frio e óleo de soja comercial com óleos de frituras de batatas

Parâmetros	Lotes	Óleo de coco babaçu		Óleo de soja	
		O.C.B	O. C. F	O. S. B	O. S. F
Índice de acidez (mgNaOH/g)	A	0,551±0,001	0,703±0,15 2	0,31±0,06	0,558±0,075
	B	0,775±0,001	0,790±0,00 1	0,36±0,09	0,558±0,074
Índice de peróxido (mEq/kg)	C	4,643±1,146	2,651±1,15 3	4,67±0,8	11,295±2,302
	D	2,650±1,145	2,651±1,14 7	4,74± 0,4	7,306±1,154

*Os valores expressos correspondem à média ± desvio padrão. O.C.B- óleo de coco bruto; O.C.B- óleo de coco de fritura; O.S.B- óleo de soja bruto; O.S.F- Óleo de soja de fritura.
Fonte: Castro (2017) e Nascimento (2013)

O óleo de coco apresentou-se mais estável em relação ao óleo de fritura e o óleo de soja obteve índices maiores principalmente o lote C e D.

Houve degradação pouco significativa para o óleo de coco, em relação ao índice de acidez para lote A e B e seguidamente os índices de peróxidos foram considerados, também os mais estáveis para esse óleo. No óleo de soja, os índices de fritura foram significativamente maiores. Isso significa que a composição poli-insaturada pode ter influência na determinação dessas condições. (POPOVICI; ALEXE; DESEATNICOVA, 2012).

5.3 ÍNDICES DE TBARS (TESTE DO ÁCIDO 2-TIO-BARBITÚRICO) DOS ÓLEOS DE SOJA

Segundo CHOE e MIN, (2007), o número de TBA é calculado como miligramas de malonaldeído por quilograma de amostra. O malonaldeído é um produto secundário da oxidação lipídica e pode ser quantificado colorimetricamente na presença de ácido 2-tiobarbitúrico. A reação colorimétrica das amostras analisadas é percebida na figura 4.

Figura 5: Reação do ácido 2-tiobarbitúrico em amostras de óleo de soja de fritura batata



Fonte: Autor

A oxidação das amostras de óleos foi dada pela mudança das substâncias que reagem ao ácido tiobarbitúrico por meio do malonaldeído (mgMDA/kg). Os resultados referentes ao índice de ácido 2-Tio-barbitúrico (TBARS) dos óleos de soja de fritura de batata comercializados em Teresina- Piauí, encontram-se apresentados na tabela 4.

Tabela 4: Índices de TBARS (Teste do Ácido 2-Tio-barbitúrico) do de fritura de batata comercializadas em Teresina – PI.

Lotes	Amostras	Conteúdo de TBARS (mgMDA.kg ⁻¹)
4	A	86.9 ± 0.0 ^a
	B	132.66 ± 0.0 ^b
	C	61.6 ± 0.02 ^a
	D	84.54 ± 0.02 ^a
5	E	61.33 ± 0.01 ^a
	F	38.13 ± 0.01 ^c

*Os valores expressos correspondem à média ± desvio padrão, seguidas pelas letra minúsculas diferem na coluna ($p > 0.05$) pelo Teste Tukey.

Fonte: Autor

Os valores das amostras de óleo de fritura de batata diferiram significativamente e foram maiores no lote 4 para as amostras A (86.9), B (132.66) e lote 5 para a amostra D (84.54). A amostra C do lote 4 (61.6) e a amostra E do lote 5 (61.33) foram semelhantes, sendo que a amostra F é a última menor concentração de malonaldeído, porém a composição está relacionada com o tipo de óleo utilizado na fritura, óleo de soja, uma vez que apresenta uma composição de ácidos graxos saturados e insaturados. O óleo de soja 61% ácidos graxos poliinsaturados, 24% monoinsaturados e 15% de saturados (TAVARES, 2014)

Alguns fatores estão associados a degradação lipídica em óleos de fritura como o tempo, temperatura de fritura, composição de ácidos graxos e alguns componentes minoritários do óleo. Além desses pontos Kalogianni et al (2010), frisou que o tipo de alimento a ser utilizado afeta influencia também nesse processo de degradação de óleo em frituras. A alta temperatura de fritura acelera a oxidação térmica e polimerização de óleos. Conforme CHOE e MIN, (2007) o processo de fritura aumenta a quantidade de dienos conjugado e ácidos trans, respectivamente, após uma fritura de 70 horas de batata frita. Jorge e Janieri (2005) encontraram valores de óleo de fritura, para TBARS, que variam de 0,0015 à 0,0265 (moles g⁻¹).

Segundo Silva e Ferreira (2015), fatores como: a falta de uma legislação que estabeleça limites acerca da qualidade para uso do óleo de fritura; a falta de fiscalização de estabelecimentos; e de informações aos manipuladores com relação a forma de como deve ser realizada a utilização desses óleos para o processo de fritura, acarreta o mal uso desse óleo que leva a diversas alterações que prejudicam a saúde do consumidor e diminuem a qualidade do produto oferecido. Assim, torna-se importante a adoção de uma conduta de melhoria que visem proporcionar uma melhor qualidade ao óleo nos estabelecimentos comerciais a exemplo da diminuição da temperatura do banho, não fazer uso da gordura utilizada anteriormente para vários alimentos e aumentar a frequência da troca de óleo.

6 CONCLUSÃO

Conclui-se que todos lotes constaram uma certa quantidade de oxidação. Entretanto, nos lotes 4 e 5 os valores foram maiores, valores confirmados pelo pois apresentaram maior índice de acidez, e peróxidos. No índice de iodo os resultados dos lotes 2 e 3 apresentaram alterações oxidativas, podendo aferir o resultado a uma possível utilização de mais óleos durante a fritura. Os óleos submetidos a fritura possuem um maior valor de acidez e peróxido do que os óleos que não passaram pelo processo de fritura. Além desses aspectos, percebe-se que o óleo de coco, apresenta uma maior estabilidade oxidativa que o óleo de soja. O alto valor de oxidação dos lotes 4 e 5 podem ser confirmados pelo teste de TBA (ácido 2-tiobarbitúrico), que apresentou elevados teores de oxidação nos óleos nesse lotes, principalmente para o lote 4.

REFERÊNCIAS

AOCS, **Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society**, AOCS: Champaign, 2004.

ALMEIDA, L. **Estudo cinético da hidrólise em água subcrítica do óleo de soja usado em fritura**. 48 f. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal Do Paraná Engenharia Química, Curitiba, 2016.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de Alimentos** - Teoria e Prática. 4 ed. Viscosa: UFV, 2008. 596p.

ARAÚJO, L. A. de. **Estudo das propriedades físicas, químicas e termofísicas de óleos regionais e suas misturas**. 127f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Pará. Instituto de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2008.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária- ANVISA. Resolução RDC nº 216, de 15 de setembro de 2004. Dispõe sobre Regulamento Técnico de Boas Práticas para Serviços de Alimentação. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 16 de setembro de 2004. Disponível em: <<http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=12546>>. Acesso em: 16 ago. 2017.

_____. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Óleos e gorduras utilizados em frituras. **Inf. Técnico**, n. 11, 5 out. 2004. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/alimentos/informes/11_051004.htm>. Acesso em: 16 ago. 2017.

_____. ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 270, de 22 de setembro de 2005. Aprova o "Regulamento Técnico para óleos vegetais, gorduras vegetais e creme vegetal". **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 23 set. 2005. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/e-legis/>> Acesso em: 16 set. 2017.

CALIXTO, C. F. S. AZEVEDO, J. F. M.; MONTEIRO, M. A. M.; SCHAEFER, M. A. Avaliação da quantidade de óleo de soja em refeições oferecidas em um restaurante universitário. **Demetra**, v. 8. n.1. p. 53-61, 2013

CAMILO, V. M. A.; ALMEIDA, D. T.; ARAÚJO, M. P. N.; CARDOSO, L. A.; ANDRADE J. C.; BONELLI, M. Avaliação da qualidade de óleos e gorduras de fritura em bares, restaurantes e lanchonetes. **Rev Inst Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 69, n. 1, p. 91-98, 2010.

CELLA, R. C. F.; REGITANO-D'ARCE, A. B.; SPOTO, M. H. F. Comportamento do óleo de soja refinado utilizado em fritura por imersão com alimentos de origem vegetal. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, vol. 22, n. 2. p. 111-116, ago. 2002.

CHOE, E.; MIN, D. B. Chemistry of Deep-Fat Frying Oils. **Journal Of Food Science**.

v. 72, n. 5, p.77-86, jun. 2007.

CODEX ALIMENTARIUS. **Distribution of the Report of the 24th Session of the Codex Committee on Fats and Oils**. Roma, Itália, 2015.

CORSINI, M. S. da; JORGE, N. Alterações oxidativas em óleos de algodão, girassol e palma utilizados em frituras de mandioca palito congelada. **Alim. Nutr.**, Araraquara v.17. n.1. p.25-34. mar., 2006.

COSTA, C. L. da, FRANÇA, E. T. R. de, SANTOS, D. S., COSTA, M. C. P., BARBOSA, M. C. L. do, NASCIMENTO, M. D. S. B. do. Caracterização físico-química de óleos fixos artesanais do coco babaçu (*Orbignya phalerata*) de regiões ecológicas do estado do Maranhão, Brasil. **Pesquisa em Foco**, São Luís, vol. 20, n. 1, p. 27-38. 2015.

CURVIELO, A. M. **Uma imersão no tabuleiro da baiana**: O estudo do óleo de palma bruto (*Elaeis guineenses*). 103f. Dissertação (Mestrado), Alimentos Nutrição e Saúde, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2010.

DAMASCENO, S. S.; SANTOS, N. A.; SANTOS, I. M. G.; SOUZA, A. L.; SOUZA, A. G.; QUEIROZ, N. Caffeic and ferulic acids: An investigation of the effect of antioxidants on the stability of soybean biodiesel during storage. **Fuel**, v. 107. p.641-646, mai., 2013.

FERNANDES, A. M.; REIS, A.; CARVALHO, A. D. F. de; BORTOLETTO, A. C.; PEREIRA, A. S. da; LOPES, C. A.; NAVA, D. E.; HIRANO, E.; SUINAGA, F. A.; DIEZ-RODRÍGUEZ, G. I.; SILVA, G. O. da; LIMA, L. P.; FREITAS, M.; SORATTO, R. P.; MAROUELLI, W. A. A. **Cultura da batata**. Embrapa. 2 ed, 2015.

FILGUEIRA, F. A. R. **Solanáceas**: Agrotecnologia moderna na produção de tomate, batata, pimentão, pimenta, berinjela e jiló. Lavras, Editora UFLA, p. 333, 2003.

FIRESTONE, D. Worldwide regulation of frying fats and oils. Washington, **Inform Food Technology**. vol. 4. n.12, dec. 1993.

FREIRE, P. C. M.; MANCINI-FILHO, J. FERREIRA, T. A. P. C. de. Principais alterações físico-químicas em óleos e gorduras submetidos ao processo de fritura por imersão: Regulamentação e efeitos na saúde. **Rev. Nutr.**, Campinas, p.353-368, v. 26, n. 3, jun., 2013.

GOMES, C. A. O. et al. **Batata frita**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005.

GONÇALVES, A. Q. **Avaliação toxicológica de óleo de palma bruto após a fritura de acarajés**. 28f. Monografia (Graduação), Ciências Biológicas, Centro Universitário Estadual da Zona Oeste-UEZO, Rio de Janeiro, 2012.

HAASE, T.; SCHULER, C.; HAASE, N. U.; HESSE, J. Suitability of organic potatoes for industrial processing: effect of agronomical measures on selected quality parameters at harvest and after storage. **Potato Research**. p. 50, 115-141, 2007.

IBGE. **Levantamento sistemático da produção**. Rio de Janeiro: IBGE, 2014. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/pesquisas/pesquisa_resultados.php?id_pesquisa=15>. Acesso em: 16 ago. 2007.

JORGE, N. **Química e tecnologia de óleos vegetais**. São Paulo: Cultura Acadêmica. v. 1, p.165, 2009.

JORGE, N.; JANIÉRE, C. Avaliação do óleo de soja submetido ao processo de fritura de alimentos diversos. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 29, n. 5, , out., p. 1001-1007, 2005.

KALOGIANNI, E.P.; KARASTOGIANNIDOU, C.; KARAPANTSIOS, T.D. Effect of potato presence on the degradation of extra virgin olive oil during frying. **Int. J. Food Sci. Technol.**, v. 45, p. 765–775, 2010.

LEVY-COSTA, R. B.; SICHIERIB, R.; PONTESC, N. S. dos; MONTEIRO, C. A. Disponibilidade domiciliar de alimentos no Brasil: distribuição e evolução. **Rev. Saúde Pública**, v.39, n.4, p. 530-540, 2005.

LEHNINGER, A.; NIELSON, D. L.; COX, M. M. **Bioquímica**. 4 ed. New York: Worth Publisher, 2014.

LUVIELMO, M. M. de; BORGES, C. D.; SCHIAVON, M. V.; ARMAS, D. S. de; PAIVA, F. F.; KROLOW, A. C. R.; FERRI, N. M. L. Características físico-químicas e sensoriais de batata frita do cultivar BRS Ana branqueada e revestida com metilcelulose. **Brazilian Jornal Food Technology**. Campinas, v. 18, n. 3, p. 211-219, set., 2015.

MACHADO, E. R., GARCÍA, M. C. D., ABRANTES, S. M. P. de. Alterações dos óleos de palma e de soja em fritura descontínua de batatas. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 28, n.4, p. 786-792, dez. 2008.

MELLENA, M. Mechanism and reduction of fat uptake in deep-fat fried foods. **Trends in Food Science & Technology**, Norwich, v. 14, n. 9, p.364-373, 2003.

MORETTO, E. **Introdução à ciência de alimentos**. 2.ed. Florianópolis: UFSC, Ampliada e Revisada, p.237, 2008.

MUDAWI, H. A., ELHASSAN, M. S. M., SULIEMAN, A. M. E. Effect of Frying Process on Physicochemical Characteristics of Corn and Sunflower Oils. **Food and Public Health**, v. 4, n.4, p. 181-184, 2014.

NASCIMENTO, V. L. V. do, BERMÚDEZ, V. M. S., OLIVEIRA, A. L. L. de, KLEINBERG, M. N., RIBEIRO, R. T de. M., ABREU, R. F. A. de, CARIOCA, J. O. B. Characterization of a hydrolyzed oil obtained from fish waste for nutraceutical application. **Food Sci. Technol, Campinas**, v. 35, n. 2, p. 321-325, 2015.

NGADI, M.; LI, Y.; OLIKA, S. **Quality changes in chicken nuggets fried in oils with**

different degrees of hydrogenation. LWT - Food Science and Technology, 40 (10), p. 1784-1791, 2007.

OSAWA, C. C.; GONÇALVES, L. A. G.; MENDES, F. M. Avaliação dos óleos e gorduras de fritura de estabelecimentos comerciais da cidade de Campinas/SP. as boas práticas de fritura estão sendo atendidas? **Alim. Nutr.** Araraquara v.21, n.1, p. 47-55, mar., 2010.

PÁDUA JG; MESQUITA HA; PAULA MB; CARVALHO VL; REIS PR; ALCÂNTRA EN. 2007. **Batata (*Solanum tuberosum* L.)**. In: PAULA JUNIOR TJ; VENZON M. (Coord.). 101 Culturas: Manual de tecnologias agrícolas. Belo Horizonte: EPAMIG. p.125-136.

PEREIRA, E. M. S., LUZ, J. M. Q., MOURA, C. C. **A batata e seus benefícios nutricionais.** Uberlândia: EDUFU, 2005.

POPOVICI, C.; ALEXE, P.; DESEATNICOVA, O. Oxidation of Walnut Oil (*Juglans regia* L.) at Heat Treatment: Primary And Secondary Oxidation Products Accumulation. **Food Science, Engineering and Technologies.** v. 59, 2012.

PRIETO, T. A.; MACHADO, T. L. S.; COSTA-SINGH, T.; MORENO, D. M.; JORGE, L. N. Avaliação da qualidade de óleos de fritura utilizados na cantina do IBILCE/UNESP. **Rev. Ciênc. Ext.** v.12, n.1, p.41-51, 2016.

PULLEN, J.; SAEED, K. An overview of biodiesel oxidation stability. **Renewable And Sustainable Energy Reviews.** v. 16, n. 8, p.5924-5950, out. 2012. Elsevier BV.

RAMALHO, V.C.; JORGE, N. Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos. **Quim. Nova**, v. 29, n. 4, p.755-760, 2006.

REDA, S. Y.; CARNEIRO, P. I. B.; Óleos e Gorduras: Aplicações e Implicações; **Revista Analytica**, São Paulo, v. 8, n. 27, p. 60-67, mar., 2007.

RIBEIRO, V. A.; OLIVEIRA, A. C. M. de; BECHTEL, P.; PRENTICE, C. Avaliação do processamento a baixas temperaturas do óleo de fígado de Alaska pollock (*Theragra chalcogramma*). **Braz. J. Food Technol.**, Campinas, v. 16, n. 2, p. 99-106, jun. 2013. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1981-67232013000200003&lng=pt&nrm=iso>. Acessos em 16 set. 2017.

SILVA, F. A. S. **Assistência Estatística.** Assistat versão 7.7 beta. Atualizado em janeiro de 2016. Departamento de Engenharia Agrícola-Centro de Tecnologia e Recursos Naturais - Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, Brasil.

SILVA, I. B. R. A. DE, FERREIRA, N. Avaliação da qualidade dos óleos de fritura usados em pastelarias de três regiões administrativas do Distrito Federal (DF). **RBPeCS**, v. 2, n. 2. p. 41-45, 2015.

SILVA, M. R.; CERQUEIRA, F. M.; SILVA, P. R. M. Batatas fritas tipo palito e palha: absorção de gordura e aceitabilidade. **Nutrire: rev. Soc. Bras. Alim. Nutr.**, São Paulo,

SP. v.26, n. 1, p. 51-62, dez., 2003.

TAVARES, I. C. **Avaliação de gorduras vegetais utilizadas em fritura de mandioca palito congelada**. 37f. Monografia (graduação) conclusão do Curso Superior de Tecnologia em Alimentos. Curso Superior De Tecnologia Em Alimentos, Campo Mourão, 2014.

TOLENTINO, M. C. et al. Avaliação da estabilidade foto-oxidativa dos óleos de canola e de milho em presença de antioxidantes sintéticos. **Ciência Rural**, Santa maria, v. 44, n. 4, p. 728-733, abr., 2014.

USDA – **United States Department of Agriculture. Economics, Statistics and Market Information System**, 2016. Disponível em:< [https://www.ers.usda.gov/data-products/oil-crops-yearbook/oil-crops-yearbook/#Vegetable Oils and Animal Fats](https://www.ers.usda.gov/data-products/oil-crops-yearbook/oil-crops-yearbook/#Vegetable%20Oils%20and%20Animal%20Fats)>. Acesso em: 20 nov. 2016.